



**Eur päisches  
Patentamt**

**Eur pean  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

**02406034.5**

Der Präsident des Europäischen Patentamts:  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**





Anmeldung Nr:  
Application no.: 02406034.5  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 28.11.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Sulzer Chemtech AG  
Hegifeldstrasse 10  
8404 Winterthur  
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zum verestern einer fettsäure

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

C07C67/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR



Sulzer Chemtech AG, CH-8404 Winterthur / Schweiz

Verfahren zum Verestern einer Fettsäure

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verestern einer Fettsäure sowie eine  
5 Anlage zur Erzeugung von Fettsäureester durch eine heterogene Katalyse mit  
dem erfindungsgemässen Verfahren. Mit diesem Verfahren lässt sich eine der  
C12-, C14-, C16, C18-, C18'- oder C18''-Fettsäuren, nämlich die Laurinsäure,  
Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure oder Linolensäure mit  
einem der folgenden Alkoholen verestern: Methanol, Ethanol, n-Propanol,  
10 Isopropanol, n-Butanol, iso-Butanol bzw. 2-Ethyl-Hexanol.

Nach einem herkömmlichen Verfahren wird eine vorgegebene Menge an  
Fettsäure chargenweise verestert. Dabei wird die Fettsäure in einen  
beheizbaren Behälter mit Rührwerk gegeben und auf rund 100 bis 250°C  
aufgeheizt. Es wird ein Katalysator hinzu gegeben und unter einer  
15 kontinuierlichen Einspeisung von Alkohol die Veresterung bei konstant  
gehaltener Temperatur durchgeführt. Ein Dampfstrom aus dem Behälter wird  
in eine Trennkolonne eingeleitet, in der Wasser, das bei der Veresterung  
freigesetzt worden ist, von mitverdampften Alkohol getrennt wird. Das Wasser  
kann so aus dem Prozess entfernt werden, wodurch der Umsatz verbessert  
20 wird. Nach Abschluss der Veresterung werden durch weiteres Heizen die  
verbliebenen Reste an Alkohol und Wasser entfernt. In der US-A- 6 069 261  
ist ein kontinuierliches Verfahren zum Verestern von Fettsäuren beschrieben,  
bei dem ein "permanentes" Hilfsgas verwendet wird um kontinuierlich Wasser  
zu entfernen. Ein solches Hilfsgas, das beispielsweise Wasserstoff oder  
25 Stickstoff ist, geht keine chemische Reaktion mit Reaktanden der Veresterung  
ein.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein weiteres Verfahren zum Verestern von  
Fettsäuren zu schaffen, das auch kontinuierlich durchführbar ist und bei dem

kein Hilfsgas wie Wasserstoff oder Stickstoff verwendet werden muss. Diese Aufgabe wird durch das im Anspruch 1 definierte Verfahren gelöst.

- Das Verfahren zum Verestern einer Fettsäure F wird in einer Kolonne mit einer ein- oder mehrteiligen Packung durchgeführt. Die Packung hat
- 5 zusätzlich zu einer Funktion als Reaktor die Funktion eines Abtriebs. Sie ist zumindest in einem oberen Teil als eine Reaktionszone ausgebildet, in der eine heterogene Katalyse der Fettsäure F mit einem im gleichen molaren Einsatzverhältnis oder in einem Überschuss eingesetzten Alkohol A
- 10 durchgeführt wird. Im Sumpf wird durch Verdampfen ein gasförmiger, alkoholreicher Gegenstrom erzeugt. Wasser wird aus der Reaktionszone mittels dem als Strippgas wirkenden Gegenstrom entfernt. Das beladene Strippgas wird am Kopf der Kolonne zumindest teilweise verflüssigt. Das Kopfprodukt wird in eine wasserreiche Fraktion sowie eine alkoholreiche Fraktion getrennt. Die alkoholreiche Fraktion wird als Ausgangsstoff für das
- 15 Verestern und zur Erzeugung des Strippgases in das Verfahren rückgeführt.

Die abhängigen Ansprüche 2 bis 9 betreffen vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens gemäss Anspruch 1. Eine Anlage zum Durchführen dieses Verfahrens ist Gegenstand des Anspruchs 10.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- 20 Fig. 1 eine Anlage mit einer Kolonne, in der eine katalytische Reaktionszone angeordnet ist, die zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens verwendet wird,
- Fig. 2 einen Ausschnitt aus der katalytischen Reaktionszone,
- Fig. 3 einen Kopfbereich zu einer bevorzugten Ausführungsform der
- 25 Kolonne und
- Fig. 4 eine Teilanlage zur Reinigung des erzeugten Fettsäureesters.

Die in Fig. 1 dargestellte Anlage umfasst eine Kolonne 1, aus deren Sumpf ein Zwischenprodukt, nämlich ein Gemisch, das den erfindungsgemäss

erzeugten Fettsäureester enthält, über eine Leitung 51 entnommen und einer Teilanlage 7 zur Reinigung und Aufkonzentrierung zugeführt werden kann. Die vorliegende Beschreibung gilt für die Herstellung eines Fettsäureesters E, beispielsweise von Fettsäure-Isopropyl-Ester, der leichter als die

5 korrespondierende Fettsäure F siedet.

Die Ausgangsprodukte des erfindungsgemässen Verfahrens sind der Alkohol A und eine Fettsäure F. Das in der Kolonne 1 gewonnene Zwischenprodukt enthält noch Reste der Ausgangsprodukte sowie Verunreinigungen. Das Zwischenprodukt wird in einer Trennkolonne der Teilanlage 7 weiter

10 aufbereitet, so dass schliesslich ein Fettsäureester E gewonnen werden kann, dessen Reinheit mindestens 99 Gew-% beträgt. Das gereinigte Produkt wird durch die Leitung 71 abgezogen. Ein in der Trennkolonne abgetrennter Rest an Fettsäure F wird über eine Leitung 72 in das Verfahren rückgeführt.

Die Kolonne 1 enthält einen Packungsteil, der als eine katalytische

15 Reaktionszone 3 ausgebildet ist, in welcher mittels einer heterogenen Katalyse eine Veresterung stattfindet. Durch eine Leitung 10 und einen Verteiler 30 wird ein Alkohol A und Fettsäure F enthaltendes Gemisch auf den Packungsteil 3 aufgebracht. Unter dem Packungsteil 3 ist ein zweiter Packungsteil 4 mit einem Verteiler 40 angeordnet. Über eine Leitung 11 und

20 den Verteiler 40 wird zusätzlich Alkohol A in den Prozess eingespeist.

Die aus den beiden Teilen 3 und 4 bestehende Packung hat zusätzlich zur Funktion als Reaktor die Funktion eines Abtriebs. Der Alkohol A wird im gleichen molaren Einsatzverhältnis oder in einem Überschuss eingesetzt. Im Sumpf kann daher durch Verdampfen ein gasförmiger, alkoholreicher

25 Gegenstrom 50 erzeugt werden, der als Strippgas 50' wirkend Wasser W aus der Reaktionszone 3 entfernt. Die für das Verdampfen benötigte Wärme wird in einer Einrichtung 5 durch Heizen eines Zweigstroms 53 zugeführt (Wärmezufuhr  $Q_+$ ). Bereits im unteren Teil 4 des Abtriebs wird aus dem Flüssigkeitsgemisch, das aus der Reaktionszone 3 austritt, Wasser W und

30 ausserdem auch Alkohol A von dem Strippgas 50 aufgenommen.

Das beladene Strippgas (Pfeil 60) wird am Kopf der Kolonne in einer Einrichtung 6 zumindest teilweise verflüssigt (Wärmeabfuhr  $Q_-$ ) und in zwei

- Fraktionen 62 und 63 getrennt. Die Fraktion 63 des Kopfprodukts ist wasserreich und hat einen Anteil an Wasser W von beispielsweise 80 Gew.-%. Die alkoholreiche Fraktion 62 enthält beispielsweise 95 - 98 Gew.-% an Alkohol A. Sie wird als Ausgangsstoff für das Verestern und zur Erzeugung des Strippgases 50 in das Verfahren rückgeführt. Die Trennung des Kopfprodukts in die alkoholreiche Fraktion 62 und die wasserreiche Fraktion 63 kann beispielsweise mittels eines Membranverfahrens, der Pervaporation, mittels eines Phasenscheiders oder mittels einer Destillationskolonne vorgenommen werden.
- 5
- 10 Der über den unteren Verteiler 40 eingespeiste Alkohol A wird auf der Packung 4 verdampft und trägt so zum Strom des Strippgases 50 bei. Die benötigte Verdampfungswärme gibt das Strippgas 50 ab, das beim Verdampfen im Sumpf in einen überhitzten Zustand gebracht wird.
- Die katalytische Reaktionszone 3 setzt sich im gezeigten Beispiel aus vertikalen Lagen 31 und Strömungskanälen 32 für das Strippgas 50' zusammen. In und auf den Lagen 31 fließt ein Gemisch 10', das die Ausgangsstoffe A und F enthält. Details zur Reaktionszone 3 sind im Ausschnitt der Fig. 2 dargestellt, nämlich eine Grenzregion zwischen einem Strömungskanal 32 mit dem Strippgas 50' und einer Lage 31, die ein Granulat 310 eines Katalysators enthält. Ein Gewebe 311 aus einem beständigen Material bildet Taschen, in denen das Granulat 310 eingeschlossen ist. Innerhalb einer Tasche und auf der äusseren Seite des Gewebes 311 fließt das Gemisch 10', innerhalb der Tasche mit mäandrischen Strömungsfäden und ausserhalb als Rieselfilm. Durch die Oberfläche des Rieselfilms 10" tritt Wasser W in den Strom des Strippgases 50' über, da in diesem ein relativ kleiner Partialdruck des Wassers W vorliegt. Alkohol A wird in beiden Richtungen durch die Oberfläche des Rieselfilms 10" transportiert. Geeignete Packungen für die Reaktionszone 3 sind in der EP-A- 0 396 650 oder in der EP-A- 0 631 813 beschrieben.
- 15
- 20
- 25
- 30 Mit Vorteil werden die Ausgangsstoffe A und F in einem Vorreaktor 2 schon teilweise zur Reaktion gebracht, wobei 10 bis 30% der Fettsäure F in Ester E umgesetzt werden. Durch die Leitung 10 tritt somit ein Gemisch aus Alkohol



A, Fettsäure F, Ester E und Wasser W in die Kolonne 1 ein. In der Reaktionszone 3 werden dann weitere 20 bis 70% der Fettsäure F umgesetzt.

5 Mit Vorteil ist oberhalb des Abtriebs 3, 4 eine weitere Packung 8 und ein Verteiler 80 – siehe Fig. 3 – in die Kolonne 1 eingebaut. In dieser Packung 8 wird mit einem Teil 68 der alkoholreichen und rückgeführten Fraktion 62 Fettsäure F, die das Strippgas 60 mitschleppt, abgefangen.

Fig. 4 zeigt die Teilanlage 7 zur Reinigung des erzeugten Fettsäureesters. Eine Komponente dieser Teilanlage 7 ist ein Entspannungsverdampfer 9, in der das Zwischenprodukt der Leitung 52 einen grossen Teil des restlichen  
10 Alkohols A in Dampfform freisetzt. Dieser alkoholreiche Dampf wird über eine Leitung 92 abgeführt. Er kann weiter für die Veresterung genutzt werden. Durch die Leitung 91 wird das alkoholarme Gemisch in eine Trennkolonne 70 geführt. Dort erfolgt die Entnahme des gereinigten Esters E (Leitung 71). Das  
15 aus einem Kondensator 75 durch eine Leitung 76 entnehmbare Kopfprodukt enthält Alkohol A und leichtflüchtige Verunreinigungen, insbesondere Luft. Aus dem Sumpf, dem mit einem Heizkreislauf 73 Wärme zugeführt wird, lassen sich Fettsäure F (Leitung 72) und schwerflüchtige Verunreinigungen (Leitung 74) abziehen. Die Teilanlage 7 kann aber auch als Destillationskolonne ausgeführt sein.

20 Anhand der Fig. 4 ist ein Trennverfahren beschrieben worden, das anwendbar ist, wenn der Fettsäureester E leichter als die korrespondierende Fettsäure F siedet. Bei Fettsäuren, die mit höheren Alkoholen (z.B. 2-Ethyl-Hexanol) verestert sind, liegen umgekehrte Verhältnisse bezüglich der Reinigung in der Teilanlage 7 vor. Der Fettsäureester wird im Sumpf der  
25 Trennkolonne 70 erhalten und muss weiter aufbereitet werden (nicht dargestellt). Fettsäure und verbliebener Alkohol, die sich im Kopf aus der Trennkolonne 70 entnehmen lassen, werden in das Verfahren rückgeführt.

Für die Veresterung können folgende Ausgangsstoffe als Fettsäure F bzw. Alkohol A verwendet werden. Als F eine der C12-, C14-, C16-, C18-, C18'-  
30 oder C18''-Fettsäuren, nämlich Laurin-, Myristin-, Palmitin-, Stearin-, Öl- oder Linolensäure (engl. Lauric, Myristic, Palmitic, Stearic, Oleic oder Linoleic

Acid); als A einen der Alkohole Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol, n-Butanol, Isobutanol bzw. 2-Ethyl-Hexanol.

- Als Katalysator lässt sich ein Ionentauscherharz oder ein anorganischer Katalysator verwenden, wobei die Katalysatoren vorzugsweise in stark saurer Form vorliegen und das Ionentauscherharz makroporös ausgebildet ist. Ist Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol, n-Butanol oder Isobutanol der Alkohol A, so muss der Katalysator - in diesem Fall ein Ionenaustauscherharz - bei Temperaturen zwischen 120°C und 140°C verwendbar sein; in diesem Temperaturintervall darf er nur moderat an Aktivität einbüßen. Ist 2-Ethyl-Hexanol der Alkohol A, so muss der Katalysator – in diesem Fall ein anorganischer Katalysator – bei Temperaturen von 150-230°C einsetzbar sein.

Nachfolgend werden für die Veresterung von Palmitinsäure (PA) mit Isopropanol (IPA) einige Werte von Verfahrensparametern angegeben.

- Für die Ausgangsstoffe A = IPA und F = PA werden jeweils eine Reinheit von 95 bzw. 98% (Gew-%) bevorzugt. Es sind aber auch andere Werte möglich, nämlich in den Bereichen 88 – 100% für IPA und 95 – 100% für PA. Der Vorreaktor 2 wird bei 100°C und 2 bar betrieben. Er kann aber auch bei Temperaturen bis zu 140°C und entsprechend höheren Drücken bis zu 4 bar betrieben werden. Durch die Leitungen 21 und 11 werden in der Regel verschiedene Mengen an IPA eingespiessen. Das Verhältnis IPA(Leitung 21) zu IPA(Leitung 11) ist vorzugsweise 2.5, kann aber im Bereich von 1 bis 4 liegen. Der Kopfdruck in der Kolonne 1 beträgt 2 bis 5 bar und entsprechend die Temperatur in der Reaktionszone 3 120 bis 140°C. In der Heizeinrichtung 5 wird das Zwischenprodukt (Leitung 53) auf eine Temperatur zwischen 170 und 200°C erwärmt; es kann aber auch höher bis 250°C aufgeheizt werden.

- Im Kopf der Kolonne oberhalb der Packung 8 (Fig. 3) liegt ein Strippgas 60 (Fig. 1) vor, das eine Temperatur zwischen 115 und 140°C hat und das 5 bis 12% Wasser W enthält. Das Zwischenprodukt in der Leitung 53 enthält 50 bis 80% Ester und 2 bis 10% IPA.

- Eine Entspannungsverdampfung 9 wird bei 1 bar und 160 bis 210°C durchgeführt. Dabei verringert sich der Anteil an IPA auf rund 0.5 %. Die Trennkolonne 70 wird bei 15 bis 40 mbar betrieben. Im Kondensator 75 wird die Temperatur auf einen Wert zwischen 80 und 100°C reduziert und im Heizkreislauf 73 wird eine Temperatur zwischen 220 und 240°C erzeugt. Die obere Grenze dieser Temperatur darf auch bei 250°C liegen.

Nachfolgend werden zwei Beispiele zu erfindungsgemässen Veresterungen gegeben, die mit Pilotversuchen gewonnen worden sind.

- Beispiel 1: Die Veresterung von Palmitinsäure mit Isopropanol wurde in einer Kolonne kontinuierlich bei atmosphärischem Druck unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Reaktionskolonne:

Innerer Durchmesser: 50 mm.

Verstärkungsteil und Abtriebsteil: Sulzer-Packung BX

- Reaktionszone: Katapak-S/ gefüllt mit stark saurem Ionenaustauscher, der bis 140°C temperaturstabil ist

Feedströme:

Palmitinsäure (Feed 1): 2.16 kg/h – Isopropanol (Feed 2): 1.44 kg/h

Produktströme:

- Kopfprodukt: 1.2 kg/h – Sumpfprodukt: 2.4 kg/h

Betriebsbedingungen:

Kopfdruck: 1013 mbar – Rücklaufverhältnis: 0.2

Temperatur in der Reaktionszone: ca. 98 °C – Sumpftemperatur: 157.9 °C

- Gemessene Sumpfkonzentrationen (in Gew.%): Isopropylpalmitat 14.06 – Isopropanol: 10.61 – Palmitinsäure: 74.5 – Wasser: 0.83

- Beispiel 2: Der gleiche Aufbau wie in Beispiel 1 wurde in einer Druckkolonne realisiert. Dabei wurde ein bereits vorreagierter Feed eingesetzt, womit ein Vorreaktor simuliert werden konnte. Durch leichten Überdruck wurde in der Reaktionszone eine Temperatur im Bereich von der Reaktionszone von ca.
- 5 140°C eingestellt. Folgende Betriebsbedingungen führten zu einem deutlich höheren Reaktionsumsatz:

Feedströme:

Feed 1: 2.3 kg/h mit folgender Zusammensetzung (in Gew.%):

Isopropylpalmitat: 24.3 – Isopropanol: 21.6 – Palmitinsäure: 52.1 – Wasser:

10 2.0

Feed 2: Isopropanol: 1.84 kg/h

Produktsröme:

Kopfprodukt: 1.43 kg/h – Sumpfprodukt: 2.71 kg/h

Betriebsbedingungen:

15 Kopfdruck: 5100 mbar – Rücklaufverhältnis: 0.2

Temperatur in der Reaktionszone: ca. 140 °C – Sumpftemperatur: 192 °C

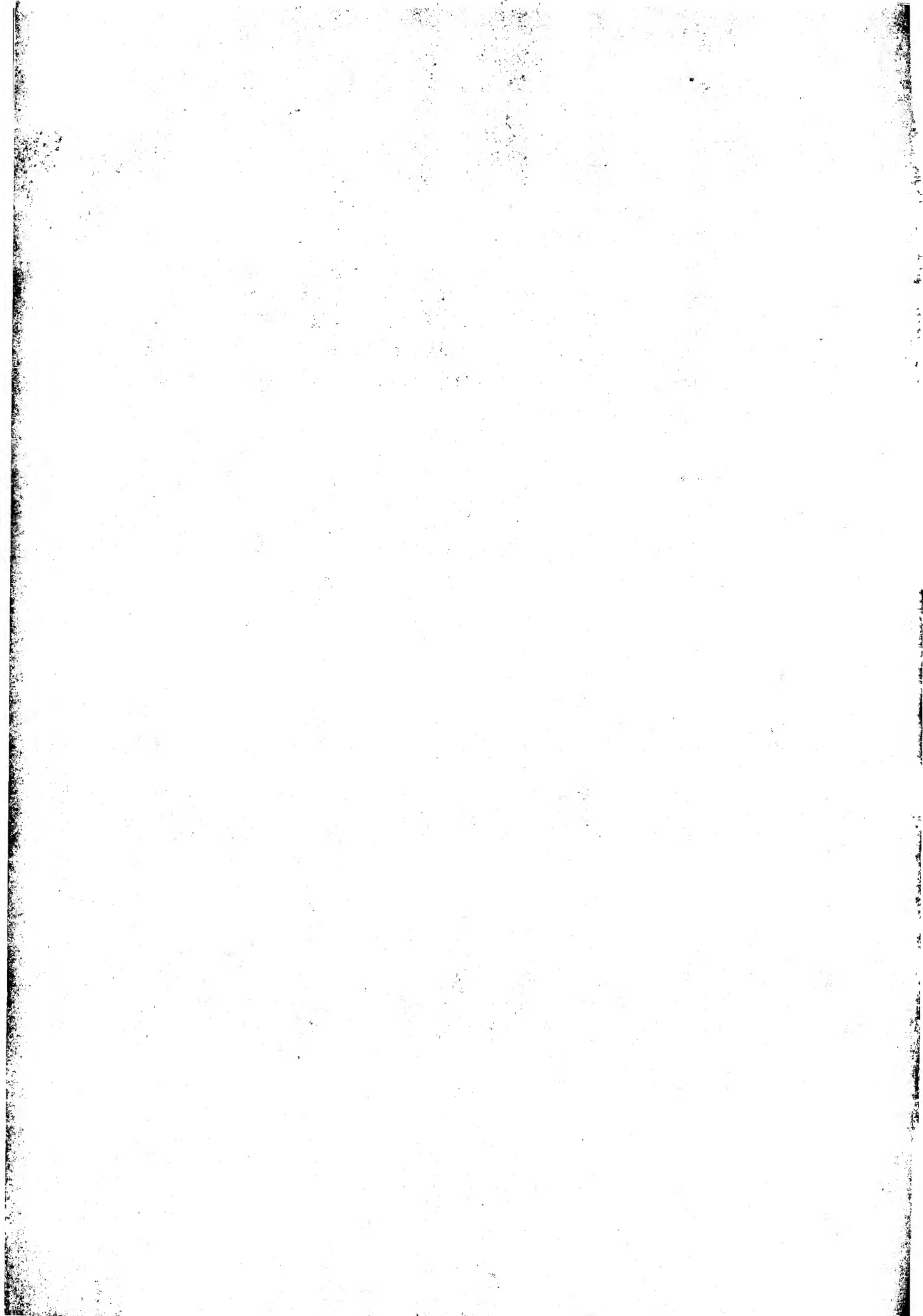
Gemessene Sumpfkonzentrationen (in Gew.%): Isopropylpalmitat 64.0 –  
Isopropanol: 7.7 – Palmitinsäure: 28.3 – Wasser: 0.06

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verestern einer Fettsäure F in einer Kolonne (1) mit einer ein- oder mehrteiligen Packung (3, 4), die zusätzlich zu einer  
5 Funktion als Reaktor die Funktion eines Abtriebs teils hat und die zumindest in einem oberen Teil mit in der Packung fixierten Katalysatoren als Reaktionszone (3) ausgebildet ist, in welchem Verfahren eine heterogene Katalyse der Fettsäure F mit einem im gleichen molaren Einsatzverhältnis oder in einem  
10 Überschuss eingesetzten Alkohol A durchgeführt wird, im Sumpf durch Verdampfen ein gasförmiger, alkoholreicher Gegenstrom (50) erzeugt wird, Wasser aus der Reaktionszone mittels dem als Strippgas wirkenden Gegenstrom entfernt wird,  
15 das beladene Strippgas (60) am Kopf der Kolonne zumindest teilweise verflüssigt wird, das Kopfprodukt in eine wasserreiche Fraktion (63) sowie eine alkoholreiche Fraktion (62) getrennt wird und die alkoholreiche Fraktion als Ausgangsstoff für das Verestern und zur  
20 Erzeugung des Strippgases in das Verfahren rückgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem unteren Teil (4) des Abtriebs teils (3, 4) aus dem Flüssigkeitsgemisch, das aus der Reaktionszone (3) austritt, Wasser und Alkohol mit dem Strippgas (50) abgetrennt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass oberhalb des Abtriebs teils (3, 4) eine weitere Packung (8) eingebaut ist, in der mit einem Teil (68) der alkoholreichen und rückgeführten Fraktion (62) Fettsäure, die das Strippgas (60) mitschleppt, abgefangen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass in die Reaktionszone (3) oder unterhalb Alkohol eingespeist wird, der in verdampfter Form zum Strom des Strippgases (50, 50') beiträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennung des Kopfprodukts in die wasserreiche Fraktion (62) und die alkoholreiche Fraktion (63) mittels Pervaporation, einem Phasenscheider oder einer Destillationskolonne vorgenommen wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Ausgangsstoffen A und F eine Teilveresterung in einem Vorreaktor (2) durchgeführt wird und das so gebildete Gemisch aus Fettsäure F, Alkohol A, Ester E und Wasser W in die Reaktionszone (3) der Kolonne (1) oder oberhalb aufgebracht wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil (52) des flüssigen Sumpfgemisches (52) mittels einer Entspannungsverdampfung (9) oder Destillationskolonne und in einer Trennkolonne (70) weiter aufbereitet wird, so dass schliesslich ein Fettsäureester E gewonnen wird, dessen Reinheit mindestens 99 Gew-  
15 % beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass für die Veresterung folgende Ausgangsstoffe als Fettsäure F bzw. Alkohol A verwendet werden: eine der C12-, C14-, C16-, C18-, C18'- oder C18''-Fettsäuren, nämlich Laurin-, Myristin-, Palmitin-, Stearin-,  
20 Öl- oder Linolensäure und einer der Alkohole Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol, n-Butanol, Isobutanol oder 2-Ethyl-Hexanol.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Katalysator ein anorganischer Katalysator verwendet wird, der vorzugsweise bei Temperaturen von 150 bis 230°C einsetzbar ist, oder  
25 ein Ionentauscherharz verwendet wird, das beim Durchführen des Verfahrens über 120°C und bis zu 140°C nur moderat an Aktivität einbüsst, wobei die Katalysatoren vorzugsweise in stark saurer Form vorliegen und das Ionentauscherharz vorzugsweise makroporös ausgebildet ist.
- 30 10. Anlage zur Erzeugung von Ester E durch eine heterogene Katalyse mit einem Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 10,

- 5 gekennzeichnet durch eine Kolonne (1) mit einem Teil (3) einer Packung (3, 4) zum Durchführen der heterogenen Katalyse, welche Packung poröse Katalysatorträger (31) und Strömungskanäle (32) für das Strippgas (50') zwischen den Katalysatorträgern umfasst, wobei beim Durchführen des Verfahrens in Poren des Katalysatorträgers das zu behandelnde Gemisch einen abwärts gerichteten Flüssigkeitsstrom (10'), das Strippgas einen aufwärts gerichteten Strom bilden und die flüssige Phase mit der gasförmigen Phase in direktem Kontakt steht, so dass ein Stoffaustausch stattfinden kann.





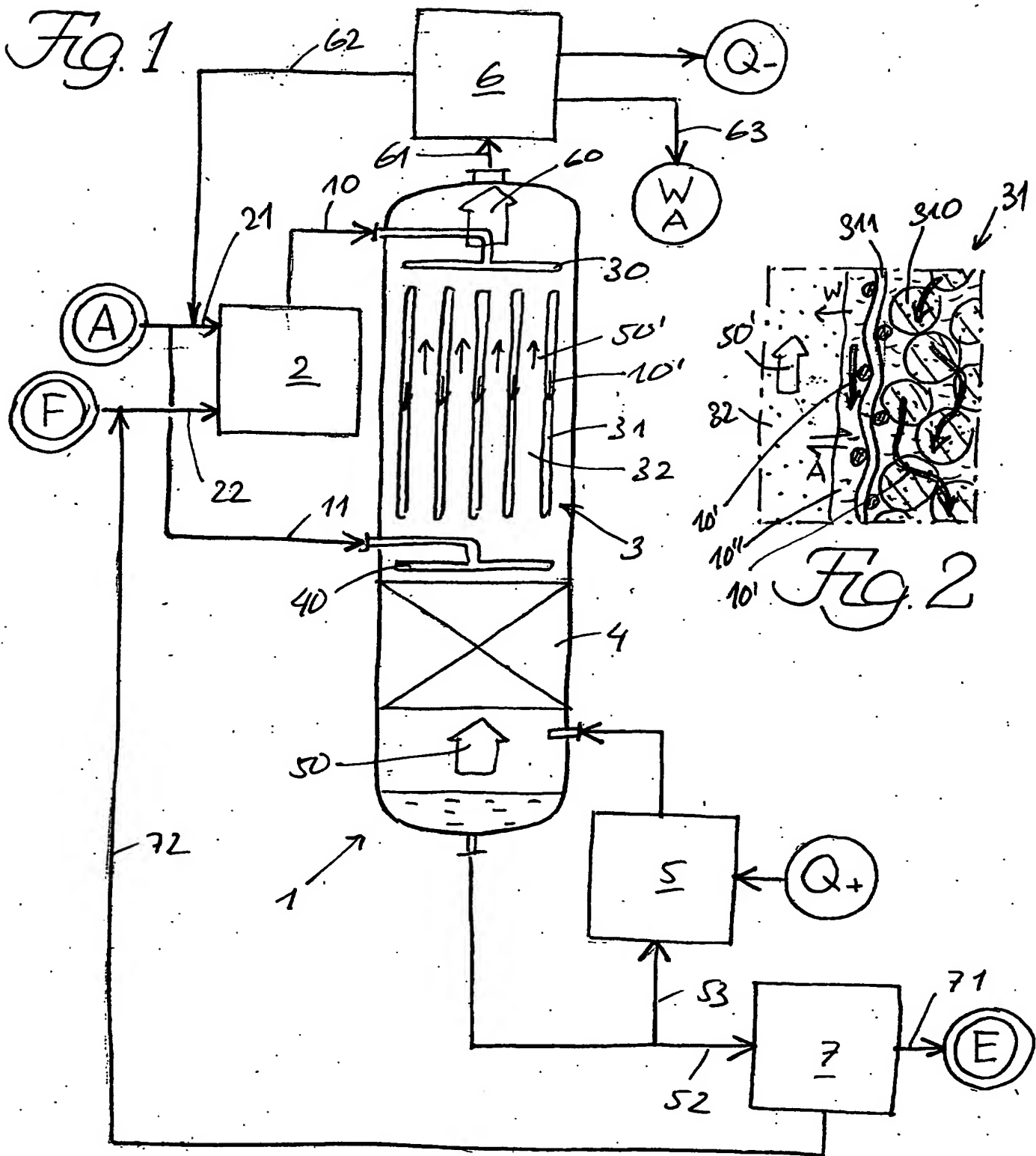
### Zusammenfassung

Das Verfahren zum Verestern einer Fettsäure F wird in einer Kolonne (1) mit einer ein- oder mehrteiligen Packung (3, 4) durchgeführt. Die Packung hat  
5 zusätzlich zu einer Funktion als Reaktor die Funktion eines Abtriebs. Sie ist zumindest in einem oberen Teil als eine Reaktionszone (3) ausgebildet, in der eine heterogene Katalyse der Fettsäure F mit einem im gleichen molaren Einsatzverhältnis oder in einem Überschuss eingesetzten Alkohol A  
10 durchgeführt wird. Im Sumpf wird durch Verdampfen ein gasförmiger, alkoholreicher Gegenstrom (50) erzeugt. Wasser wird aus der Reaktionszone mittels dem als Strippgas wirkenden Gegenstrom entfernt. Das beladene Strippgas (60) wird am Kopf der Kolonne zumindest teilweise verflüssigt. Das Kopfprodukt wird in eine wasserreiche Fraktion (63) sowie eine alkoholreiche Fraktion (62) getrennt. Die alkoholreiche Fraktion wird als Ausgangsstoff für  
15 das Verestern und zur Erzeugung des Strippgases in das Verfahren rückgeführt.

(Fig. 1)



Fig. 1



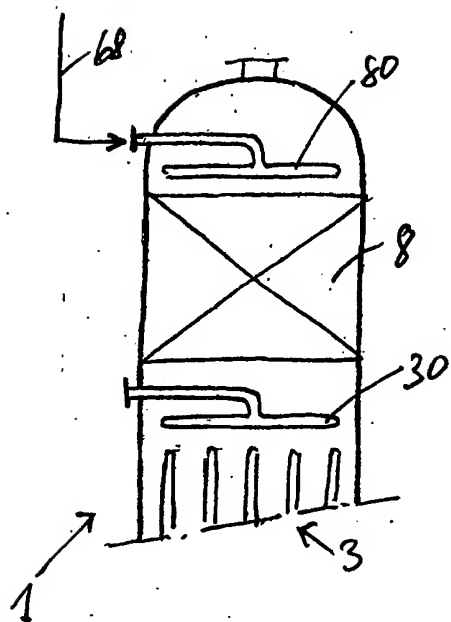


Fig. 3

Fig. 4

